

Igor ČATIĆ
Sveučilište u Zagrebu
Fakultet strojarstva i brodogradnje

Posvećeno Prof. Georgu Mengesu za 80. obljetnicu rođenja
Dedicated to Prof. Dr. Ing. Georg Menges on the occasion
of his 80th birthday

Zašto je moguć korjeniti razvoj materijala a samo inovacijski preobražaj proizvodnih postupaka i proizvoda?

ISSN 0351-1871

UDK 62-03:67

Autorski pregled/Authors review

Primljeno / Received: 1. 9. 2003.

Prihvaćeno / Accepted: 15. 12. 2003.

Sažetak

Temeljeno na fraktalnoj raščlambi prošlosti i budućnosti opće tehnike, moguće je predvidjeti daljnji razvoj materijalstva (materijalike i proizvodne tehnike). U budućnosti je moguć revolucionarni razvoj materijala na subatomskej razini $n-1$. Naprotiv, jednom razvijene proizvodne postupke i proizvode moguće je samo usavršavati.

KLJUČNE RIJEČI

razvoj opće tehnike
predviđanje budućnosti materijala, proizvodnih postupaka i proizvoda
prirodna tehnika, umjetna tehnika
biotehnika, tehnika (stvari)
materijalstvo

KEYWORDS

development of general technology
prediction of future of materials, production procedures and products
natural technology, artificial technology
biotechnology, technology (of things)
materials technology

Why is revolutionary development possible in materials and only innovative transformation in production procedures and products?

Summary

Based on fractal analysis of the past and future of general technology, the prediction of future development of materials technology (material technology and production technology) will be possible. The development of material technology can be revolutionary on the subatomic level. The development of the existing production procedures and products can be only innovative.

Uvod / Introduction

Predviđanje je budućnosti uvijek nezahvalno. Međutim, proučavanje prošlosti opće tehnike omogućuje predviđanje budućnosti dviju umjetnih (čovjekovih) tehnika. To je iskorišteno pri tražnji odgovora na pitanje o daljnjem razvoju materijala, uključivo polimernih, ali i proizvodnih postupaka i proizvoda neovisno o vrsti materijala.

Polazišta su tražnje u promišljanjima dvaju njemačkih filozofa: O. Spenglera¹ i M. Deegea.² Nadalje, važna znanja za pretkazivanje razvoja materijalstva (materijalike i proizvodne tehnike) potječu iz sustavnosne teorije tehnike koju je uobličio G. Ropohl³ u svom djelu *Eine Systemtheorie der Technik*.³ Važne su i spoznaje iz područja determinističkoga kaosa i fraktologije, znanosti o fraktalima.²

Na osnovi temeljnih zamisli iz navedenih područja pokušat će se dokazati tvrdnju da je u budućnosti moguć korjeniti razvoj materijala. Istodobno, jednom razvijeni proizvodni postupci i proizvodi mogu se samo usavršavati.

Nazivlje / Terminology

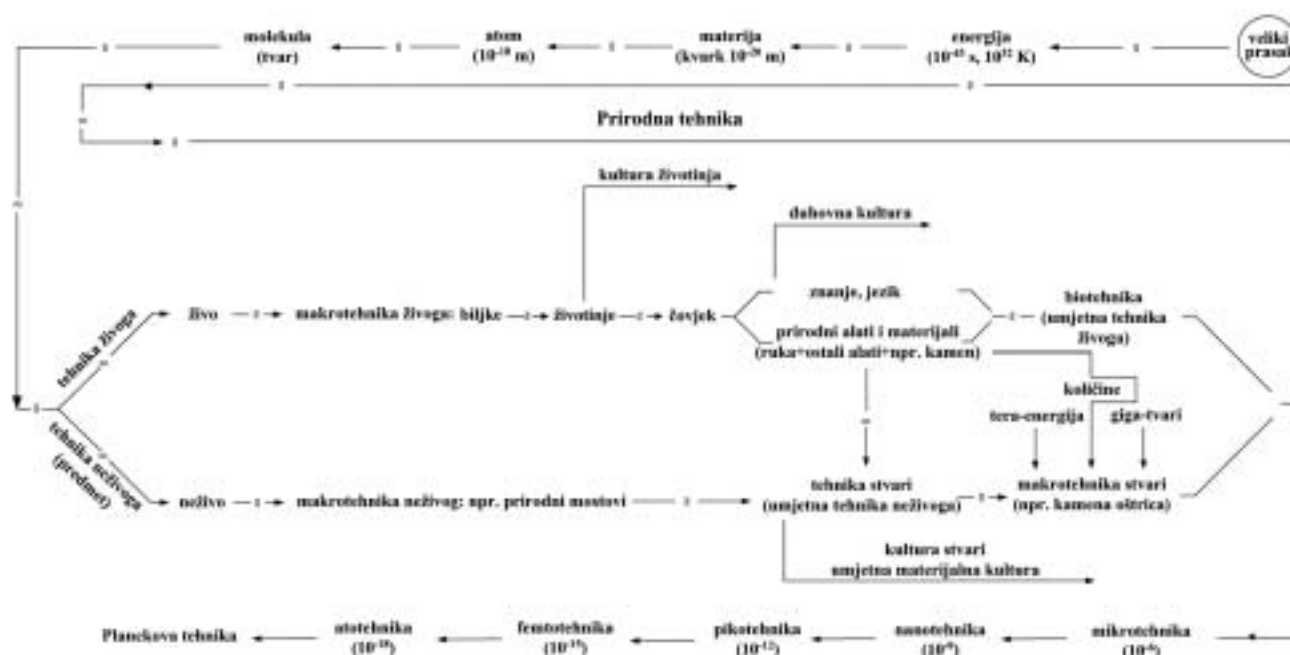
U tekstu će biti upotrijebljeni nazivi ili sintagme koje je potrebno definirati. To su prvenstveno *opća tehnika* i *materijalstvo*.

Opća tehnika / General technology

Sva tvarna zbivanja od prapočetaka do ovodobnosti, a vjerojatno i ona u budućnosti, s odlučujućim utjecajem na duhovna događanja, moguće je obuhvatiti nazivom *opća tehnika* (slika 1).⁴ Potreba uvođenja pojma opće tehnike temelji se na spoznaji o visokom stupnju povezanosti prirodne i umjetne tehnike.⁵ Tu povezanost potvrđuje iskaz: *Biološko opredmećivanje i ljudsko (tehničko) ostvarivanje podvrgnuto je istim procesima nastajanja i optimiranja. Umjetna tehnika nije odijeljena od Prirode. Postoji zajedništvo tehničkih i bioloških funkcionalnih jedinica: one služe cjelini. Priroda, prirodna tehnika i umjetna tehnika (biotehnika i tehnika stvari), pripadaju jednom te istom razvojnem procesu. Sva su naime svojstva sustavnosno zasnovana. Stoga je opću tehniku, fraktalno promatrano, moguće svesti na evolucijske hijerarhije biologije, kemije i fizike*.²

Opća tehnika dijeli se na prirodnu i umjetnu (čovjekovu) tehniku. U obje tehnike valja razlikovati tehnike živoga i neživog. U prirodnoj

^a G. Ropohl je dipl. ing. strojarstva. Na tom je području i doktorirao a kasnije se posvetio sociologiji i filozofiji tehnike.



SLIKA 1. Od velikoga praska do Planckove tehnike
FIGURE 1. From the Big Bang to Planck's technology

tehničar primjer živoga je samoniklo bilje a neživoga prirodni mostovi. U umjetnoj tehnici moguće je razlikovati biotehniku (poljoprivredu, šumarstvo, veterinarstvo i medicina) kao umjetnu tehniku živoga (npr. uzgoj križanih biljaka, proizvodnja hrane ili *proizvodnja čovjeka*) te organsku i anorgansku tehniku stvari (npr. drveno koplje, keramička posuda, plastična vrećica, metalni zupčanic).

Neživo nastalo u prirodi, postupcima i procesima tipičnima za prirodnu tehniku je *prirodnina* (predmet), a ono što je stvorio čovjek je *umjetnina*^b (stvar).³ U tom je slučaju moguće na sljedeći način definirati *opću tehniku*.⁵ Ona je:

a - skup uporabnih, prirodno i umjetno načinjenih tvorevina: prirodnina i umjetnina uključivo tehničkih sustava

b - skup djelovanja i uređaja u kojim nastaju prirodne i umjetne

c - skup djelovanja tijekom kojih se upotrebljavaju prirodne i umjetne i tehnički sustavi stvari.

Osnovna zamisao definicije opće tehnike temelji se na činjenici da su najprije stvorene prirodne tvorevine – prirodne. To su žive tvorevine poput biljaka i životinja, odnosno nežive poput kamena. Tek u jednome povijesnom trenutku čovjek je načinio prvu umjetnu tvorevinu, umjetninu.

Želi li se ostvariti točka a iz definicije opće tehnike, mora postojati skup djelovanja i uređaja u kojima nastaju prirodne i umjetne (točka b). Za skup djelovanja moguć je naziv tehnički postupci, a za uređaje tehničke tvorevine. Primjer tehničkih postupaka je bušenje

drva ili betona. Za to su potrebne tehničke tvorevine poput stroja, bušilice, a sredstvo djelovanja je alat (svrdlo).

Materijalstvo / Materials technology

U Ropohllovoj klasifikaciji tehničkih sustava stvari prema pretežnome izlazu postoji šest tehnika.⁶ Na temelju kibernetičke zakonitosti sve se pojave (fenomeni) mogu prikazati kao materija (u tehnici tvar), energija i informacija. Stoga postoje tri tehnike: materijalika^c, energetika i informatika.⁶ Prema funkciji (namijenjenoj zadaći), postoje još tri tehnike: proizvodna tehnika, tehnika prijenosa i tehnika pohrane.⁶

U jednom trenutku pojavila se potreba prijevoda engleske sintagme *Materials technology*.⁷ Poslije provedenoga istraživanja došlo se do zaključka da se tom sintagmom obuhvaća kombinacija dviju tehnika – materijalike i proizvodne tehnike. U raspravi na skupu *Suvremene tehnologije materijala* (16. svibnja 2002) predložen je prijevod za *Materials technology*, materijalstvo.⁸ Naziv je tvoren kao opće prihvaćene riječi u hrvatskome jeziku: strojarstvo,^d građevinarstvo ili polimerstvo.⁸

Temeljna je svrha proizvodne tehnike pravljenje materijalne tvorevine od tvari, stvari definirana geometrijskog oblika i propisanih uporabnih svojstava. Iz navedene definicije proizlazi da je proizvodna tehnika zajedničko ime za procesnu tehniku i izradbenu tehniku. Materijalika (nj. *Materialtechnik*) je naziv za proizvodnju (procesna tehnika) i primjenu materijala temeljeno na prirodnim znanostima:

^b Ono što je stvorio čovjek kao rezultat djelovanja u okviru dviju čovjekovih tehnika: biotehnike i tehnike (neživoga) je umjetnina. Riječ umjetnina se u pravilu upotrebljava u smislu umjetničkog djela. To je nepotrebno sužavanje značenja tog pojma. Svako je umjetničko djelo umjetnina, ali nije svaka umjetnina umjetničko djelo. Primjerice, svako zna s fotografskim aparatom načiniti fotografsku sliku. Ali samo neke od njih su dovoljno visoke estetične vrijednosti da ih se može smatrati umjetničkim djelom. Riječ umjetnina upotrebljava se po prvi puta u radovima ovoga autora u smislu proizvoda umjetne tehnike. O tvorbi riječi prirodnina i umjetnina na drugom mjestu.

^c Termin je uveden u radu.⁷

^d Ne postoji izravni prijevod riječi strojarstvo na engleski jezik, ali postoji na njemački – *Maschinenwesen*, te na druge jezike, poput slovenskoga *strojništva*, srpskoga i bosanskoga *mašinstva*, ruskoga *машиноведение*.

fizici, kemiji i, sve učestalije, biologiji.⁹ To znači da je temeljni zadatak materijalike pravljenje tvari i materijala potrebnih svojstava za njihovo pretvaranje s pomoću postupaka izradbene tehnike u proizvode potrebnih uporabnih svojstava. Svrha je izradbene tehnike pravljenje materijalne tvorevine od materijala, definiranoga geometrijskog oblika i potrebnih uporabnih svojstava.

Kombinacija procesne tehnike i izradbene tehnike u polimerstvu i keramičarstvu nije rijetka jer obuhvaća sve postupke proizvodnje duromernih i elastomernih te dijela plastomernih tvorevina. U osnovi slični zaključci vrijede i za proizvodnju keramičkih stvari.¹⁰⁻¹² Obilježje te proizvodnje jest da se najprije praoblikuje geometrijski oblik tvorevine a zatim jednom od reakcija polimeriziranja i/ili umreživanja i/ili pjenjenja ili na sličan način stvara materijal propisanih uporabnih svojstava (reakcijsko praoblikovanje).⁶ Nasuprot tome injekcijsko prešanje plastomernih taljevina ili tlačno lijevanje metalnih taljevina pripada skupini izradbenih postupaka nereakcijskoga praoblikovanja kojega obilježava samo promjena stanja: čvrsto – kapljevit – čvrsto.

Tako definirana kombinacija procesne tehnike i izradbene tehnike može se u konceptu sustavnosne raščlambe proizvodnje prikazati na sljedeći način. Stvaranje definiranoga praoblika tvorevine rezultat je makrofizikalnih procesa. Nasuprot tome, stvaranje strukture tvorevine na molekularnoj i nadmolekularnoj razini rezultat je kemijskih ili fizikalnih procesa ili njihova istodobna zbivanja. Postizavanje strukture i o njoj ovisnih fizičkih i kemijskih svojstava tvorevine, rezultat je zbivanja na mikrorazini.¹³

Od ideje do gotovoga proizvoda / From the idea to the finished product

Opća tehnika postoji oduvijek, što je njezino osnovno obilježje? U općoj je tehnici moguće razlikovati dvije klase objekata: tehničke postupke i procese poput glodanja te tehničke tvorevine poput glodalice.³ Stoga je temeljno pitanje umjetne tehnike kako načiniti tvorevinu potrebnoga geometrijskog oblika, – temelj živoga ili neživoga?

Polazište je misao grčkoga filozofa Platona da se zamisao, *prasluka*, ne može ostvariti i da je realna tvorevina uvijek samo *paslika* zami-

sli, nalik na nju. Ta je zamisao dopunjena spoznajom da između prasluka i paslika uvijek postoji sredstvo djelovanja. U polimerstvu to je tvorilo (alat) koji se pri postupcima cikličkoga praoblikovanja (npr. izravno prešanje) naziva kalup (slika 2).

Fraktalna prošlost opće tehnike / The fractal past of general technology

Postavlja se pitanje od kada postoji prirodna, a od kada umjetna ili čovjekova tehnika. Poslužit će se iskazom njemačkoga filozofa O. Spenglera. On je na godišnjoj skupštini Njemačkoga muzeja u svibnju 1931. održao glasovito predavanje *Čovjek i tehnika* i izrekao, među ostalim, misao: *Tehnika i nije nešto osobito povijesno, nego nešto beskrajno općenito. Seže preko čovjeka daleko unatrag u život životinja, i to svih životinja.*¹ Razvoj prirodnih znanosti omogućuje proširenje toga iskaza.¹⁵ Opća tehnika, preciznije njezin dio prirodna tehnika, postoji od velikoga praska jer je to energijsko djelovanje elektromagnetnoga zračenja. U trenutku 10^{-43} s po velikome prasku temperatura je iznosila 10^{32} K.¹⁶ Time započinje prirodna energetika.¹⁵ Već poslije 10^{-35} s u dobu elektroslabe sile prevladavaju kvarkovi i antikvarkovi,¹⁶ čime započinje prirodna materijalika.¹⁵ Zato se trajanje opće tehnike podudara s postojanjem Svemira.

Opis fraktalne prošlosti i budućnosti opće tehnike izvršit će se na temelju spoznaja jedne nove znanstvene discipline, teorije kaosa i njezine izvedenice, fraktologije kao znanosti o fraktalima.

Fraktali – povezanost prirodne i umjetne tehnike / Fractals – links between natural and artificial technology

Službenim početkom fraktologije smatra se objavljivanje spisa matematičara B. Mandelbrota *Fraktalni objekti* 1975. i od tada je došlo do snažnoga razvoja te nove znanstvene discipline.²

Općenito o fraktalima / Generally about fractals

Fraktalima su nazvani organizmi i strukture iz prirode koji su došli do višestrukih i kompleksnih rješenja. Pritom oni za ovaj specifični zadatak upotrebljavaju mali broj samoimitirajućih elemenata. Jedna od ideja teorije kaosa i njezinoga izdanka fraktologije jeste u tome da vrlo mali



SLIKA 2. Od prasluka do paslika proizvoda¹⁴

FIGURE 2. From the idea to the idea-like product¹⁴

⁶ Primjer pravljenja tvorevina uz reakcije polimeriziranja, umreživanja i pjenjenja je reakcijsko injekcijsko prešanje poliuretanskih integralnih pjenastih tvorevina (RIM).

pomak u početnim uvjetima može rezultirati velikim krajnjim razlikama. Klasičan je primjer ako leptir na jednome mjestu zamahne krilima, negdje se može pojaviti tornado.¹⁷ Za daljnja izlaganja bitna je činjenica da se od maloga broja elemenata prave vrlo komplicirane i vrlo kompleksne strukture poput čovječjega tijela.¹⁸

Jedna od temeljnih teza o potrebi uvođenja pojma opće tehnike jeste ona navedena o visokom stupnju povezanosti prirodne i umjetne tehnike.² Moguće je pridodati: *nema jasne granice između Prirode i tehnike*.¹⁹ Glasoviti njemački zoolog W. Nachtigall naglašava važnost promatranja prirode za potrebe tehnike (vidi^{20,21}).

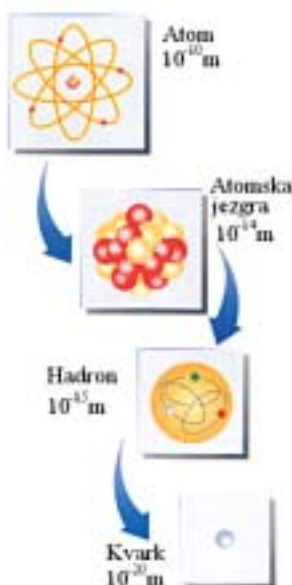
*Tehnika nije odijeljena od Prirode. Pritom postoji zajedništvo tehničkih i bioloških funkcionalnih jedinica, one služe cjelini. Priroda i tehnika pripadaju jednom te istom razvojnog procesu, budući da su sva svojstva sustavnosno zasnovana. Zato je tehniku, fraktalno promatrano, moguće svesti na evolucijsku hijerarhiju biologije, kemije i fizike.*²

Primjenjivost teorije kaosa i fraktala / Applicability of the theory of chaos and fractals

Teorija kaosa i fraktologija našle su primjenu na brojnim područjima. O primjeni u medicini svjedoči rad.¹⁸ Vrlo su velike mogućnosti teorije kaosa u organizaciji (npr.²²). S motrišta kemije, a time posredno i materijalike, postoje već od devedesetih godina prošloga stoljeća brojni radovi, od kojih se navode tri nova.²³⁻²⁵

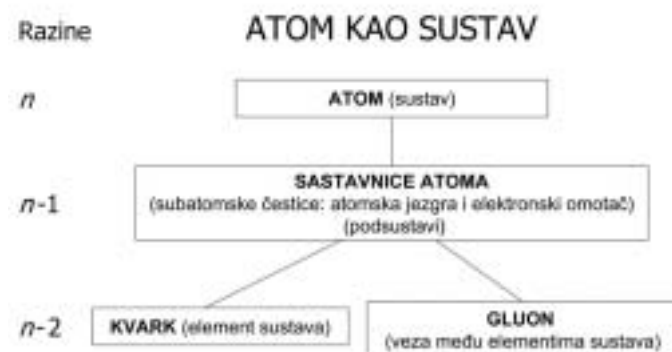
Od početka prirodne energetike i prirodne materijalike do grananja na živo i neživo / From the beginning of natural technology of energy and natural technology of materials to the branching of the living and the non-living

Navedeni razvoj bit će prikazan fragmentarno i isključivo u funkciji opisa opće tehnike. Od 1968. zna se za postojanje kvarkova čija je veličina 10^{-20} m. Elementarne čestice, kvarkovi povezani s gluonima sastavnice su atomske jezgre (10^{-14} m) koja uz elektronski omotač čini atom veličine 10^{-10} m (slika 3).



SLIKA 3. Od kvarka do atoma
FIGURE 3. From quarks to atoms

Istodobno je na temelju sustavnosne raščlambe atoma koja se temelji na spoznajama iz sustavnosne analize injekcijskoga prešanja¹³ moguće zaključiti da je atom pravi sustav (slika 4).



SLIKA 4. Atom kao pravi sustav
FIGURE 4. The atom as a true system

Istodobno je atom podsustav sustava tvar, a materijal je pritom nadsustav (slika 5).



SLIKA 5. Tvar kao sustav
FIGURE 5. Substances as a system

Od grananja na živo i neživo do početka umjetne tehnike / From the branching of the living and the non-living to artificial technology

U ovom će se dijelu izlaganja razmotriti bitni trenuci od kada su nastale molekule i grananje na živo i neživo do početka umjetne tehnike koja započinje tehnikom neživoga. To se ostvarilo izradom kamene oštrice.

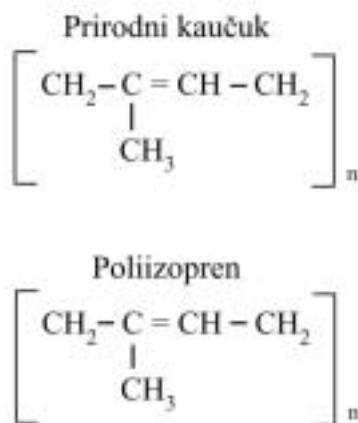
Atomi i molekule - sastavnice živoga i neživoga / Atoms and molecules – the constituents of the living and not-living

Sigurno se zna kako energija prethodi materiji.^f Opisan je put do stvaranja atoma, npr. ugljika i vodika, a zatim od njih molekula. Polazeći od fraktalne perspektive razvoja prirodne tehnike ne postoji razlika između žive i nežive tvari. U oba su slučaja atomi i molekule osnovne jedinice od kojih su građene žive i nežive tvari i tvoriva. Ako ne postoji granica između živoga i neživoga prijelaz je prema mišljenju Deegea granat (slika 1).²

^f Ostaje otvorenim pitanjem kada je nastala informacija. Neki misle da je informacija prethodila energiji (npr. F. Turner). Dio fizičara zastupa mišljenje kako je najprije nastala energija, pa materija i konačno informacija. Najzanimljiviji odgovor ponudio je V. Paar, koji je tu dvojbu razriješio iskazom: *Što je bilo prvo, informacija ili energija, filozofsko je pitanje*. (Sva mišljenja rezultat su privatnih priopćenja autoru.)

Polimeri kao primjer grananja / Polymers as an example of branching

Kao primjer grananja razvojnoga lanca navest će se polimeri. Oni mogu biti prirodni ili biopolimeri i umjetni ili sintetski. Prema Algeru²⁶ tri su osnovne skupine biopolimera: polisaharidi, proteini i nukleinska kiselina, a manje važni su prirodni kaučuk i lignin.⁹ To je nametnulo zamisao da se usporedi sastav i struktura prirodnoga kaučuka s prvim sintetskim kaučukom, *cis*-1,4-poli-izoprenom (slika 6).



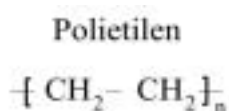
SLIKA 6. Strukturne formule prirodnoga i sintetskog kaučuka (*cis*-1,4-poliizopren)²⁷

FIGURE 6. Structural formulae of natural and first synthetic rubber (*cis*-1,4-polyisoprene)²⁷

Prirodni kaučuk dobiva se od biljke kaučukovca (živo) dok je prvi umjetni kaučuk *cis*-1,4 – poliizopren tipičan primjer sintetskoga polimera (neživo).

Iz slike 6 proizlazi jednakost tih dvaju kaučuka po broju atoma ugljika i vodika i sastavu pojedinih atomskih skupina. Međutim, zbog morfologije se svojstva tih tvari podosta razlikuju.

Polazeći od fraktalnoga promatranja razvoja opće tehnike, a osobito iskaza da je čovjek fraktalno građen, nametnula se misao da bi se i homopolimere moglo smatrati fraktalno građenim²⁷ (slika 7).^h



SLIKA 7. Strukturna formula polietilena niske gustoće²⁷

FIGURE 7. Structural formulae of low-density polyethylene²⁷

Od grananja do kamene oštrice / From branching to stone edge

Tijekom dugoga razdoblja od velikoga praska do pojave prvoga artefakta, kamene oštrice, za ova razmatranja bitna su tri vremenski nedovoljno precizno određena trenutka. Prvo je pojava *animalne kulture* (kulture životinja), drugo uspravljanje *hominida* na dvije noge uz oslobađanje ruku što je označilo i početak vladavine prirodnih alata: ruke i prirodnina poput kamena, kosti ili drvene grane. Konačno, treća je prijelomnica početak *humane kulture*. Pritom se kultura u ovom kontekstu definira kao sve ono što nije neposredno

ponuđeno u Prirodi, dakle što je naučeno ili umjetno stvoreno. Bez obzira na početak animalne kulture bitna su neka obilježja te kulture.

Animalna kultura / Animal culture^{28,29}

Tek u novije vrijeme priznaje se postojanje animalne kulture. U animalnoj kulturi moguće je razlikovati tvarnu i informacijsku kulturu. Primjer tvarne kulture u životinja je izradba oruđa koja se sastoji od uzimanja prirodnina i njihove uporabe u svrhu različitu od temeljne. Primjerice, slonovi kidaju grane s drveća i njima tjeraju muhe, majmuni rabe velike listove biljaka kao kišobrane ili ljepljive grančice za lov termita. Neke životinje ne samo da rade alate već ih imaju ugrađene kao ptica djetlić. Majmuni znaju odijeliti žito od pijeska na taj način da isperu žito (informacijska kultura). Treba naglasiti kako ovu vještinu mladi majmuni uče od starijih majmunica. S druge strane, mnoge životinjske vrste rabe različite signale za međusobnu komunikaciju. Primjerice, psi laju i okreću uha u odgovarajući položaj, delfini i kitovi komuniciraju ispuštanjem različitih zvukova itd. Međutim, u novije doba zabilježena su još spektakularnija dostignuća u animalnoj informacijskoj kulturi. Majmunica Ai naučila je računati s pomoću računala,³⁰ dok se prema rezultatima istraživanja na Sveučilištu Duke čini da čimpanza može sama sastavljati riječi.³¹ To nije neočekivano jer je ljudima i čimpanzama 99,4 % genoma jednako. Možda je do sada najveće dostignuće u područavanju majmuna koji je mislima upravljao robotom.³²

Ruka i ostali prirodni alati³³ / The hand and other natural tools³³

Uspravljenomu čovjeku prednje su noge pretvorene u ruke. Ljudska ruka je prirodno sredstvo djelovanja bez premca u svijetu slobodno pokretljivoga života. Po mišljenju Spenglera razvoj ljudskoga bića najtjesnije je povezan s razvojem ruke.¹ Ruka je prirodni i do sada najsavršeniji alat. Po svojim ostalim karakteristikama ruka je i danas jedinstvena, jer je ne samo alat, već i osjetilo, prijenosnik te sredstvo komuniciranja. Treba naglasiti, ruka je od početka svoje uporabe alat koji se javlja u svoje dvije suprotnosti: u pravilu služi kao *dobro* sredstvo djelovanja, oruđe, ali može poslužiti i kao *loše* sredstvo, oružje. Zbog svoje dihotomije ruka je kao prirodno sredstvo djelovanja sve do današnjih dana odredila sudbinu opće tehnike.

Prvi umjetni alat – višestruki početak³³ / First artificial tool – multiple beginnings³³

Pred 2,5 milijuna godina nepoznati je *Alatničar*, iz skupine nazvane *homo* ili *homo habilis*, u Goni, Etiopija, izradio prvi umjetni alat, umjetninu, kamenu oštricu.³⁴ Ako je kultura sve što je stvorio čovjek onda je on prvi kulturolog. Taj zanatlija, alatničar, bio je istodobno konstruktor i izrađivač. Morao je stalno zamišljati (konstruktor) kako mora izgledati izrađivana kamena oštrica. Ali on je istodobno i činitelj, jer pravi tu oštricu.

Stvaranje kamene oštrice označuje istodobno više početaka. Prvo, njezina izradba označuje početak umjetne prirode ili kulture. To je početak umjetne makrotehnike. Pritom riječ makrotehnika označuje tvorevine uobičajenih dimenzija. Konačno, u tom trenutku ostvaruje se na praktičnoj razini temelj fizike, mehanika (loma) i njezina povezanost s materijalima. Izradba kamene oštrice označuje i početak razvoja proizvodnih postupaka, preciznije, to je početak obradbe odvajanjem čestica.

⁹ Tijekom 2000. objavljeno je da se lignin može upotrijebiti za pravljenje tvorevina injekcijskim prešanjem. Na raspolaganju je oko 50 milijuna tona toga prirodnog materijala.

^h Zbog fraktalne građe čovjeka od maloga broja samoreplicirajućih biomolekula, moguće je da je čovječji krvožilni sustav dug 161 tisuću kilometara ili da je ploština pluća 50 do 100 m².

Budućnost umjetne tehnike / The future of artificial technology

Prati li se razvoj opće tehnike od prvih trenutaka do sada uočava se sljedeće. Prirodna tehnika razvijala se postupno na temelju mehanizama koje je naznačio Deege. Najkompliciraniji i najkompleksniji proizvod prirodne tehnike je čovjek. Ali sada i čovjekove, umjetne tehnike.

U osnovi slične zakonitosti vrijede i za umjetnu tehniku. To znači da se slika 1 može upotrijebiti i za predviđanje budućnosti umjetne tehnike. A tu umjetnu tehniku čine biotehnika i tehnika stvari koje se međusobno približuju pa i isprepleću (slika 1). Primjer približavanja i isprepletanja navedenih tehnika je sve intenzivnija kiborgizacijaⁱ čovjeka, pri čemu se čovjeku sve više organa zamjenjuje onima načinjenih od umjetnih materijala.

Sistematika teknikâ s obzirom na izabranu veličinu / Systematics of technology based on size

S obzirom na izabranu veličinu (izmjera, trajanje djelovanja) za sada je moguće opisati budućnost sedam tehnika: makrotehnike, mezotehnike, mikrotehnike, nanotehnike, pikotehnike, femtotehnike i atotehnike (slika 8).^j

Makrotehnika i u dalekoj budućnosti osnovna tehnika – mezotehnika / Macro-technology - basic technology in the distant future - mezzo-technology

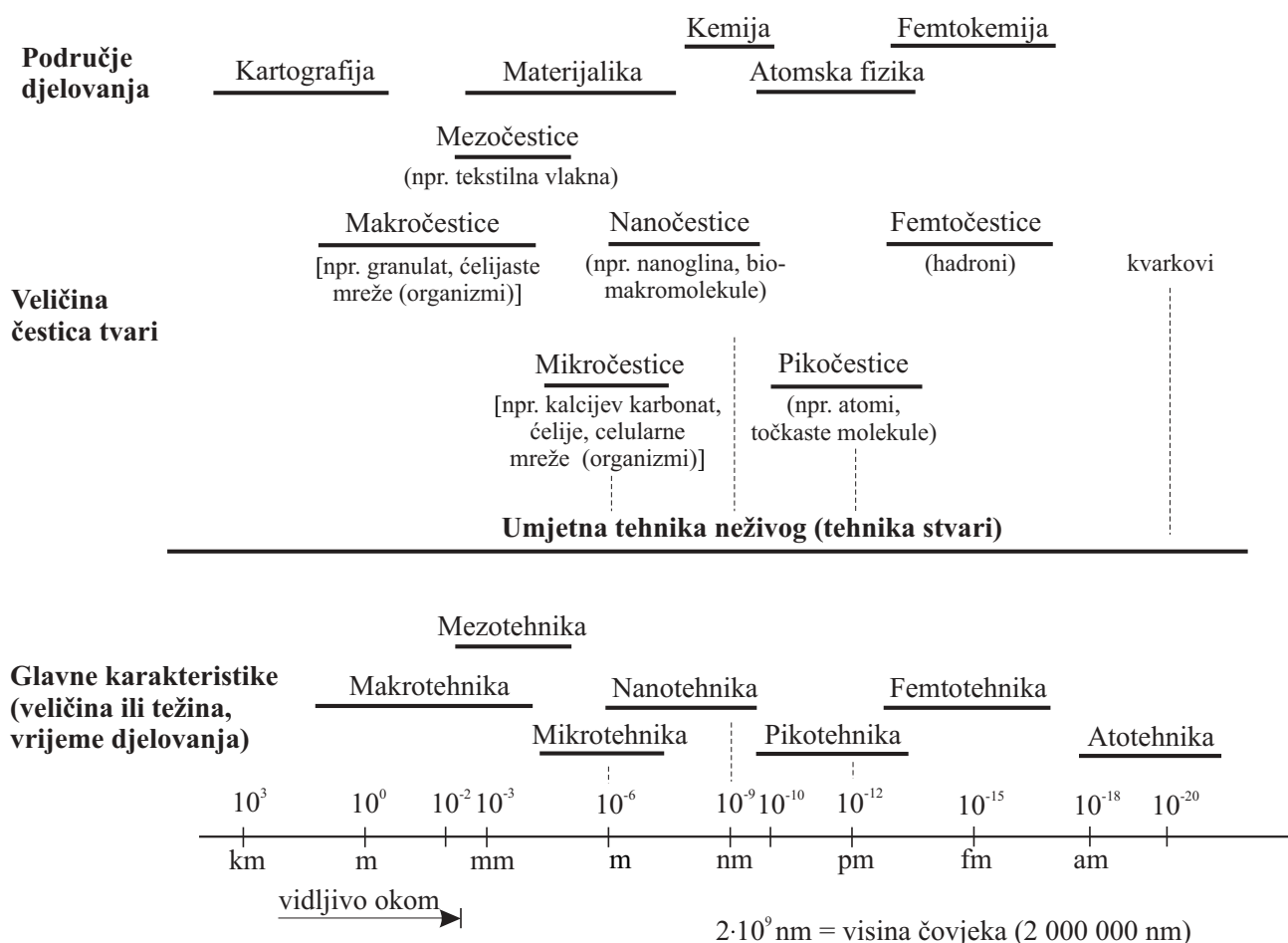
Budući da će čovjeku i u dalekoj budućnosti trebati hrana i stvari poput odjeće, obuće, vozila ili računala i pokretnoga telefona, slijedi da će temelj zadovoljavanja materijalnih potreba čovječanstva biti rezultat djelovanja u okviru umjetne makrotehnike (10^3 do 10^{-2} m). Ti proizvodi makrogeometrijskoga oblika mogu pritom sadržavati mikromehaničke dijelove poput uređaja za aktiviranje zračnoga jastuka ili nanočestice (automobilski blatobrani s nanočesticama kao ojačavalom).

Istodobno su za takve makrogeometrijske dijelove potrebne terakoličine energije i gigakoličine tvari. Mogućnost sniženja potrošnje tih količina energije i tvari je među ostalim uporaba mikročestica i nanočestica kao dodataka osnovnoj tvari.

U tekstilstvu se rabe prirodna i sintetska vlakna reda veličine koja ih ubrajaju u mezopodručje (10^{-3} m).³⁷

Mikrotehnika / Micro-technology

Ta tehnika obuhvaća područje gdje se jedna od izmjera mjeri mikrojedinicama, npr. mikrometrima (10^{-6} m). Teško je odrediti početak



SLIKA 8. Povezanost područja djelovanja prema proučavanome objektu
FIGURE 8. Classification of fields of action according to the size of the object

ⁱ Zbog objašnjenja pojma kiborga ali i samorepliciranja odnosno samoorganizacije pridodan je na kraju teksta dodatak s pokušajem razrješenja nekih terminoloških dvojbi.

^j Poticaj za ovu sliku potječe iz radova.^{26-28; 35-37}

mikrotehnike koja je započela s mikromaterijalikom. Promjer staklenih vlakana je od 5 do 13 μm , viskera od 0,1 do 300 μm , a sintetskoga taložnoga kalcijevog karbonata od 0,005 do 0,07 μm .³⁸ Slijedi razvoj mikroelektronike (1960), a oko 1985. pojavila se mikromehanika.^k Razvoj mikroelektronike i mikromehanike temelji se na rezultatima znanstvenoga razvoja novih izradbenih postupaka. Time po prvi puta u povijesti iskustvo nije prethodilo teorijskom objašnjenju.

S motrišta mikromehanike u polimerstvu trenutno su najzanimljivija dva plastomerna proizvoda. Jedan zupčanik ima masu od 0,008 g (Battenfeld, 1998), što znači da jedan kg sadrži 1,25 milijuna otpresaka. Još je impresivniji jedan dio za medicinsku tehniku, jer je 7,25 milijuna otpresaka mase 1 kg.^{39, l}

Nanotehnika / Nano-technology

Razvoj nanotehnike jedan je od najpropulzivnijih. Očekuje se promet ostvaren s tim proizvodima iskazan u stotinama milijardi USD. Zbog svoje raznovrsnosti nemoguće je svestranije obuhvatiti razvoj te tehnike. Prema asirskim spisima prvi proizvod umjetne nanotehnike je zlatni purpur načinjen od stakla, zlata i kositra pred kojih 2 700 godina.⁴⁰ Ta je tehnika podjednako zanimljiva za područje živoga i neživoga, a karakteristična je veličina 10^{-9} m.

Nanotehnika omogućuje pravljenje tvorevina u kojima je osnovna jedinica atom. Dimenzije postignutih struktura u nanotehnici dostigle su razinu od 50 nm. Za poboljšanje svojstava materijala upotrebljavaju se nanocjevčice promjera 1 nm, nanočestice molekula visoko dispergirane silicijske kiseline od 1 do 3 nm, odnosno čestice organske nanogline veličine 10 nm. Kod anorganskih punila koja su u posrednoj interakciji (međudjelovanju) s polimerizatom veličina čestica je 20 nm.^m Razvija se i kvantna elektronika (strukture s 5 pa i manje nm).⁴¹ Na nanorazini često se govori o samomontaži.

Osim čestica mogu se praviti nanoslojevi. Postoji sloj debljine 0,5 nm s kojima su prevučene gvozdene čestice veličine nekoliko nanometara.⁴²

S nanotehnikom je dostignuta granica fizičkoga svijeta, jer je atom veličine 0,1 nm. Istodobno na toj je razini sve veće isprepletanje živoga i neživoga.

Do sada su tehnike u pravilu razvrstavane prema nekoj od dimenzija proizvoda. Naredne tehnike imaju za mjerilo podjele njihovo trajanje djelovanja.

Tehnike koje se razlikuju prema trajanju djelovanja / Technologies distinguished by the duration of action

U tu se skupinu ubrajaju tri tehnike: pikotehnika, femtotehnika i atotehnika.

Pikotehnika / Pico-technology

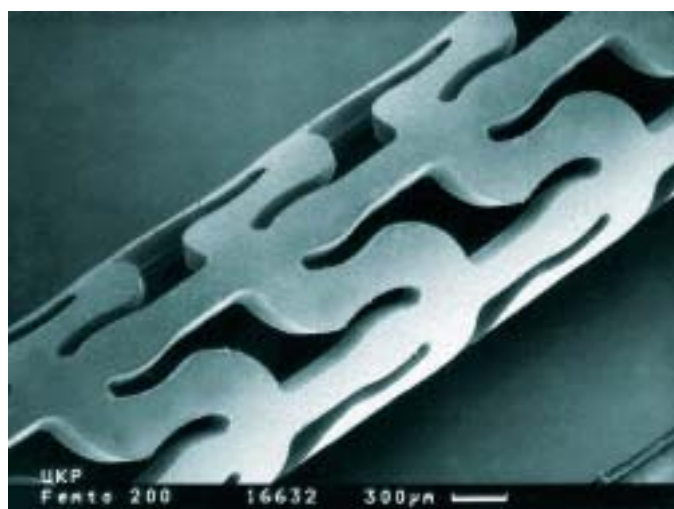
U području pikotehnike poznate su primjene u medicini, npr. mamografija. Postoje i ispitivanja u tom području, npr. laserom potaknuto ultra brzo taljenje germanijskoga filma (1999), odnosno molekulno dinamičko simuliranje toplinskih i termomehaničkih fenomena u pikosekundnim laserskim interakcijama materijala (2003).

Pikotehnika omogućuje još jednu industrijsku revoluciju. Sitna kvantna postrojenja upotrebom postupaka karakterističnih za nanometalurgiju omogućuju neočekivana dostignuća u proizvodnji i uslugama. Moguća je izravna manipulacija kvantnih oblika valova, elektronskih ljuski ili egzotičnih tvari.

Femtotehnikaⁿ i atotehnika / Femto-technologyⁿ and ato-technology

Razvoju femtopodručja odlučujuće je pridonio dobitnik Nobelove nagrade za kemiju 1999, Egipćanin Ahmad Zewail.⁴³ On je razvio femtokemiju jer su femtolaseri omogućili usporeno snimanje, *slow motion* kemijskih reakcija, osnove stvaranja i razgradnje molekula.

Autoru su za sada poznate tri primjene femtolasera, sve tri na području odvajanja čestica živoga i neživoga. Prema pisanju tjednika VDI-N (2001) moguće je uklanjanje kratkovidnosti (do dioptrije -4) i brušenje zuba pod pravim kutom. S pomoću femtolasera moguća je izradba usatka (stenta) kojeg prikazuje slika 9.⁴⁴



SLIKA 9. Usadak⁴⁴
FIGURE 9 Stent⁴⁴

Atotehnika je tek započela svoj razvoj. Postoje atolaseri za proučavanje sastavnica atoma.⁴⁵ Možda je najintrigantnije područje atotehnike teleportacija koja je moguća prema mišljenju M. Pavičića.⁴⁶

Iz slike 1 proizlazi da je na kraju Planckova tehnika. Postoje istraživanja na razini 10^{-21} i niže, ali je to trenutno nemoguće prikazati u ovome radu. Kraj umjetne tehnike može biti samo Planckova tehnika, u osnovi nešto poput velikoga praska.

Čemu služi provedena raščlamba prošlosti i budućnosti opće tehnike? Ona treba pomoći pri odgovoru na pitanje o daljnjem razvoju čovjekove tehnike. Posebno treba omogućiti odgovor na pitanje kako će se razvijati materijali, proizvodni postupci i proizvodi.

Budućnost čovjekove tehnike / The future of artificial technology

Za odgovor na pitanje o daljnjem razvoju čovjekovih tehnika potrebne su spoznaje iz opće sustavnosne teorije K. L. von Bertalanffyja i sustavnosne teorije tehnike G. Ropohla.³

Materijalstvo treba promatrati kao tehnički sustav stvari.^{8,27} Tehničke sustave stvari, uključivo proizvode, stvorio je čovjek i svrhovito

^k Usporedni izraz je mikrosistemika.

^l Nije dopuštena reprodukcija toga proizvoda, ali postoji odobrenje za prikazivanje na predavanjima.

^m Zanimljivo je da su odavno proizvođene čestice čađe veličine 25 do 65 nanometara. Međutim, te se čestice ne ubrajaju u nanočestice. Nije jasan razlog.

ⁿ Jedna femtosekunda (10^{-15} s) odnosi se prema sekundi kao sekunda prema 32,5 milijuna godina.

ih upotrebljava, što pretpostavlja čovjekovu namjeru i rad. Iz Ropohlove klasifikacije tehničkih sustava stvari proizlazi da postoje tri klase funkcije: mijene, prijenosa i pohrane.³ Osobito je važna funkcija mijene (e. *Change*, nj. *Wandlung*) koja može biti *pretvorba* (pretvorba tvari i/ili materijala u praoblik, npr. poluproizvod) ili *promjena* (npr. promjena oblika priprema u izradak).⁴⁷ Mijena definira dvije različite tehnike, *procesnu tehniku* i *izradbenu tehniku*. Kriterij je za takvu podjelu *materijalni izlaz*.²⁷ U procesnoj tehnici, *procesni tehnički sustavi* stvari proizvode tvari definiranih proizvodnih svojstava, a izlaz *izradbenih tehničkih sustava stvari* očituje se u postojanju stvarnih tvorevina definiranih geometrijskog oblika i propisanih uporabnih svojstava.⁴⁷ Kombinacija s pretežnim izlazom tvari i klasom (razredom) funkcije mijene, proizvodna je tehnika.

Budućnost materijalike / The future of material technology

Predviđanje budućega razvoja materijala uzima u obzir da je nano-razina, razina atoma i da za tu razinu još vrijede zakonitosti fizike kontinuuma.

U tehničkim sustavima stvari s kojima barataju fizičari, tehničari i liječnici (*tehničari ljudskoga tijela*), atom je »nedjeljiv«. Zato je nanotehnika granično područje fizičkoga svijeta (0,1 nm). Činjenica da je atom »nedjeljiv« znači najnižu razinu tvari, jer je tvar oblik materije sastavljen od atoma.⁴⁸ To potiče na prognozu o daljnjem razvoju materijala (npr.⁹), u čijoj su osnovi tri ideje: sustavna teorija, zamisao o djeljivosti atoma i iskaz da je revolucionarni razvoj moguć samo na nižoj razini. Na istoj razini moguće su samo inovacije.^{49,50}

Što znači razina $n-1$ u materijalici odnosno polimerici? Iz dosadašnjega opisa proizlazi da je atom pravi sustav kojega čine podustavi atomska jezgra i elektronski omotač (slika 4). To znači da je razina $n-1$, razina podsustava atoma: atomske jezgre i njezinih sastavnica te elektronskoga omotača. Istodobno to je i razina kvantne fizike. Zato je moguć zaključak da do razine atoma razvoj materijala može biti samo inovativni. Prema tome trenutno nema suštinski novih materijala. Radi se o izumljenim materijalima, dakle usavršenima.^o Suštinski će nove materijale biti moguće načiniti kada se nauči sići na razinu $n-1$ i upravljati sastavnicama atoma i njihovim nabojima.

Budućnost proizvodne tehnike / The future of production technology

Za predviđanje budućnosti proizvodne tehnike poslužiti će se sa spoznajama i predviđanjem daljnjega razvoja injekcijskoga prešanja (tlačnog lijevanja) tvari.⁵¹⁻⁵³

U osnovi je raščlambe sustavna teorija tehnike i njezina primjena na tu skupinu postupaka koja prema saznanjima iz provedenih istraživanja broji gotovo 160 različitih postupaka.⁵³ Osnovna je zamisao pronaći koje funkcije obilježavaju pojedine postupke i jesu li te funkcije varijantne ili invarijantne.

Iz analize procesa injekcijskoga prešanja proizlazi da postoji nekoliko potrebnih, ali invarijantnih funkcija. To su: priprema tvari potrebne smične viskoznosti (funkcija pripreme tvari) koju slijedi prijenosna (transportna) funkcija punjenja kalupa pripremljenom tvari. Svrha je injekcijskoga prešanja pravljenje trodimenzionalnoga (hvatljivog) tijela potrebnih uporabnih svojstava, otpreska. To se zbiva u kalupnoj šupljini propisanoga temperaturnog polja kojeg predstavlja temperatura stijenke kalupne šupljine. Nastajanje ot-

preska omogućuju funkcije praoblikovanja i strukturiranja. Također je trajno prisutna i funkcija promjene stanja.

Funkcija mijene tijekom pravljenja tvorevine¹³ / Function class of change during the making of products¹³

Funkciju mijene moguće je promatrati na dvije razine: makrorazini i mikrorazini. Geometrijski oblik tvorevine ponajprije ovisi u geometrijskome obliku kalupne šupljine i moguće ga je smatrati rezultatom makrofizičkih procesa (makrorazina). Stvaranje strukture tvorevine posljedica je kemijskih i/ili fizičkih procesa i prema Benseu³ može se smatrati rezultatom djelovanja na mikrorazini.

Iz klasifikacije tehničkih sustava stvari prema klasi funkcije i pretežnom izlazu⁴⁷ proizlazi da je funkciju mijene (F_M) moguće podijeliti u dvije podfunkcije: izradbenu funkciju (F_{MI}) i procesnu funkciju (F_{MP}). S obzirom na njeno značenje za dobivanje tvari propisanih fizičkih i kemijskih svojstava, procesnu se funkciju može shvatiti i kao funkciju strukturiranja. Funkcije F_{MI} i F_{MP} nužno je podrobnije analizirati.

U svim postupcima, a time i u procesima proizvodnje tvorevina, nužna je izradbena funkcija F_{MI} . Sukladno podjeli postupaka izradbe po DIN-u 8 580, izradbena se funkcija može dalje dijeliti. Tako postoji funkcija stvaranja povezanosti među česticama, stvaranja početnoga geometrijskog oblika (F_{MIpo}).

Drugi dio izvedbene funkcije odnosi se na postupke zadržavanja, umanjivanja ili povećanja povezanosti. To su postupci promjene geometrijskoga oblika tvorevine i tu je funkciju moguće obilježiti s F_{MIro} .

Za procesnu funkciju F_{MP} rečeno je da se može smatrati i funkcijom strukturiranja. Funkcija strukturiranja uvijek je povezana s izradbenom funkcijom, ali na različit način i na različitoj razini. Postignuto strukturno stanje može biti rezultat svjesne želje (npr. kemijskih reakcija polimeriziranja i/ili umreživanja te pjenjenja pri proizvodnji pjenastih tvorevina) ili posljedica utjecaja npr. geometrije tvorevine (npr. asinkronost hlađenja pojedinih slojeva tvorevine s posljedicom zaostalih toplinskih naprezanja, napetosti).

Strukturiranje može biti prastrukturiranje (stvaranje početne strukture, F_{MPps}) i prestrukturiranje (promjena početne strukture, F_{MPrs}).

Strukturiranje može biti na molekularnoj razini te na nadmolekularnoj i višim razinama. Strukturiranje na molekularnoj razini kod polimera posljedica je kemijskih procesa, dok je strukturiranje na nadmolekularnoj i višim razinama rezultat i fizikalnih procesa. Za strukturiranje na molekularnoj razini uvodi se indeks m , a na nadmolekularnoj i višim razinama indeks n .

Praoblikovanje tvorevine¹³ / Primary shaping of the product¹³

Po DIN-u 8 580 praoblikovanje je definirano kao pravljenje čvrstoga tijela od bezobličnih tvari, pri čemu se postiže povezanost među česticama, stvara se građa (prastrukturiranje). Prema Käuferu, praoblikovanje polimernih tvorevina može biti uz kemijsko stvaranje materijala, praoblikovanje uz fizikalno stvaranje materijala od otopina i disperzija te praoblikovanje taljevina.⁵⁴

Poopćivanjem na temelju dosadašnjih izlaganja, umjesto praoblikovanja taljevine uvodi se pojam fizikalnoga praoblikovanja kao naziv za postupke praoblikovanja tvari uz promjenu stanja (npr. čvrsto u kapljevitost).

Sukladno toj definiciji postupci praoblikovanja mogu biti: reakcijski (kemijsko-fizikalni) i nereakcijski (fizikalni). Radi jednostavnosti bit će

^o Izum (*iz-uma*) je ono što je novo načinjeno, sastavljeno ili konstruirano na temelju prirodnih zakonitosti: to je tehničko otkriće.²⁵ Dakle, izum je stvaranje novoga na temelju poznatoga. Primjerice, novi materijal može nastati sastavljanjem poznatih elemenata, u ovom slučaju atoma i molekula. Ali to nije ujedno i revolucionarno dostignuće koje se obvezno ostvaruje na razini $n-1$.

nereakcijski postupci praoblikovanja nazvani samo praoblikovanjem. Sukladno dosadašnjem izlaganju o strukturiranju na molekularnoj te nadmolekularnoj i višim razinama moguće je prema kombinaciji prisutnih funkcija razlikovati reakcijsko od nereakcijskog praoblikovanja na sljedeći način.

U slučaju reakcijskoga praoblikovanja funkcija mijene mora sadržavati ove parcijalne funkcije:

$$F_M = F_{Mlpo} + F_{MPpsn} + F_{MPpsm} + F_{MPPrsm} = F_{MPR}^* \quad (1)$$

Pri nereakcijskom praoblikovanju javljaju se ove funkcije:

$$F_M = F_{Mlpo} + F_{MPpsn} + F_{MPpsm} = F_{MO} \quad (2)$$

Iz izraza 1 i 2 proizlazi da su u oba slučaja praoblikovanja prisutne funkcije stvaranja povezanosti među česticama, stvaranje definirano makrogeometrijskog oblika (F_{Mlpo}) i prastrukturiranja na nadmolekularnoj i višim razinama (F_{MPpsn}).

Prastrukturiranje na nadmolekularnoj razini očituje se u nastajanju orientirane strukture, postojanju zaostalih toplinskih naprezanja i odgovarajućega stupnja kristalnosti pri praoblikovanju kristalastih plastomera. Može doći i do promjene prastrukture na molekularnoj razini (F_{MPPrsm}).

Pri reakcijskom praoblikovanju postoji mogućnost stvaranja prastrukture na molekularnoj razini (reakcije polimerizacije i/ili umreživanja) (F_{MPpsm}). To je jedna od posebnosti proizvodnje polimernih tvorevina. Pri injekcijskome prešanju polimernih tvorevina reakcija se zbiva u kalupu, pa je stoga kalup šaržni reaktor.¹⁰⁻¹² Funkcija F_{MPPrsm} je pridodana, jer se pri reakcijskome praoblikovanju npr. kaučukovih smjesa, prastruktura na molekularnoj razini postiže nakon završetka reakcije umreživanja (trodimenzijska umrežena struktura), ali može doći i do promjene u prastrukturi molekularnoga lanca kaučuka. Kako se praoblikovanje pri injekcijskome prešanju tvari zbiva u kalupu, funkcija mijene F_M naziva se kalupljenjem.

Važna parcijalna funkcija jest očvršćivanje. Očvršćivanje može biti posljedica kemijskih reakcija polimeriziranja i/ili umreživanja (F_{MPpsm} , F_{ps}), izlučivanja i srašćivanja (F_{MPpsn} , F_{ps}) (injekcijsko prešanje keramičkih smjesa ili metalnog praha s polimernim vezivom), geliranja (F_{MPpsn} , F_{ps}) i hlađenja (F_{ps}) ili njihovih kombinacija. Očvršćivanje može biti u sredstvu djelovanja, kalupu uz reakciju^p ili bez nje (injekcijsko prešanje polimernih tvorevina) ili izvan kalupa (injekcijsko prešanje praškastih smjesa: keramičkih i metalnih).

Pri reakcijskoj preradbi može doći do razvijanja topline reakcije (egzotermna toplota). To je funkcija pohrane (F_p) koja se javlja npr. pri injekcijskome prešanju duromernih pretpolimera. Istodobno pri injekcijskome prešanju duromernih pretpolimera dolazi do trošenja dijela topline uslijed kondenzacijske polimerizacije, pri čemu se oslobađa najčešće voda koja u kalupnoj šupljini isparava (toplina hlapljenja).

Sve navedene funkcije opisuju postupak i proces injekcijskoga prešanja i stoga su invarijantne, što proizlazi i iz definicije injekcijskoga prešanja tvari. *Injekcijsko prešanje (tlačno lijevanje) ciklički je postupak tlačnoga praoblikovanja ubrizgavanjem tvari potrebne smične viskoznosti u temperiranu kalupnu šupljinu. Tvorevina, otpresak, očvršćuje hlađenjem, polimeriziranjem i/ili umreživanjem, odnosno na neki sličan način, i postaje pogodnom za vađenje iz kalupne šupljine.*¹³

Ako su funkcije invarijantne, a ovome slučaju jesu, moguć je poopćeni zaključak o mogućnosti usavršavanja pojedinih proizvodnih postupaka. Jednom razvijeni proizvodni postupak moguće je

samo usavršavati a ne i korjenito mijenjati. U tom slučaju radi se o potpuno novom postupku.

U osnovi slična razmišljanja vrijede i za jednom razvijene proizvode. Proizvode poput osobnih vozila moguće je samo inovirati.

Zaključak / Conclusion

Postavljena je tvrdnja da je moguće očekivati korjenit razvoj materijala silaskom na razinu $n-1$ atoma, subatomske razinu, razinu atomske jezgre i elektronskoga omotača. Takav se razvoj može očekivati kada se ovlada baratanjem sa sastavnicama atoma i nabojima u njima. Tome sigurno pridonose proučavanja materije na piko-, femto- i atorzini što omogućuju laseri navedenih razina. Takav je razvoj i očekivan jer je to postupno vraćanje po *stubama* koje je prošla Priroda u izgradnji prirodnina. Stoga je bilo nužno opisati razvojni put od velikoga praska do najkompliciranijega i najkompleksnijega proizvoda Prirode, čovjeka.

Istodobno je na temelju sustavnosne analize injekcijskoga prešanja (tlačnog lijevanja) tvari pokazano da su pojedini postupci obilježeni invarijantnošću svojih funkcija te je moguć njihov samo inovativni razvoj. U osnovi slična razmišljanja vrijede i za jednom razvijene proizvode.

Dodatak / Addendum

Ovaj tekst zahtijeva razrješenje nekih terminoloških dvojbi. Pri opisu fraktalne građe čovjeka javlja se engleski naziv *self-replication*. Istodobno se u literaturi javljaju i engleski nazivi: *self-assembling* i *self-organisation*. Postavilo se pitanje kako povezati navedene nazive u smislenu cjelinu da se u doba sve nužnijih velikih sinteza ujednači nazivlje živoga i neživoga? Štoviše, tvarnoga i duhovnoga. Jedan od razloga za takvu potrebu sve je učestalije povezivanje tehnike živoga i neživoga. Primjer takva povezivanja je sve usavršeniji i profinjeniji razvoj kiborga (osnova je prirodna, čovjek kojemu se ugrađuje sve više dijelova od neživoga).

*Temeljni su pojmovi u području živoga i neživoga, tvarnoga ili duhovnoga: samomontaža i samoorganizacija (self-assembling i self-organisation). Samorepliciranje (self-replication) poseban je oblik samomontaže (self-assembling) ili samoorganizacije i povezan samo sa živim. Živo je građeno od fraktala, primjerice stanice se same repliciraju, razdvajaju jedno u dva itd. To razdvajanje, replikativnost je istaknuto svojstvo živoga koje zahvaljuju činjenici da sadrže DNA. Što znači u slučaju živoga samorepliciranje? Postojanje upravo te biomolekule, a ne neke druge, odgovorno je za samoreplikaciju. Da bi se stanica samoreplicirala, nužna je samoorganizacija ili samogradnja molekula u smislenu cjelinu (spajanje dijelova molekula, enzima sa supstratom, monomera u polimere, podjedinica proteina u cjelovite proteinske sustave itd.). Drugačije rečeno, bez samomontaže nema samorepliciranja. Samomontaža stvara smisleno, funkcionalnu cjelinu, a time omogućuje samorepliciranje. Samomontaža je sastavljanje više dijelova u jedno, a samorepliciranje je razdvajanje jednoga u dva (itd.) uz postojanje samomontaže. Zasad samo Priroda zna i može samoreplicirati. Međutim, među važnim zadaćama umjetne nanotehnike je umjetno repliciranje.*⁵⁵

Smatra se opravdanim zadržati posuđenicu repliciranje i izvedenice u ovoj vrsti članaka. Riječ replikativnost je tvorena za potrebe ovoga teksta i odgovara načinu tvorbe hrvatskoga nazivlja za svojstva ili apstraktna stanja.⁵⁶ U tim slučajevima imeničnim ili pridjevnim osnovama dodaju se dočetc -stvo ili -ota ili pridjevnim osnovama -oća ili -ost. Primjeri su: čvrstoća, hladnoća, ljepota, tvrdoća, kovkost, krhkost, rastezljivost itd.⁵⁶

* Znak + u jednadžbama (1) i (2) označuje samo postojanje funkcije, a ne i njezinu aditivnost, pribrojivost.

^p Zbivaju li se kemijske reakcije u kalupu, kalup djeluje kao šaržni reaktor.

Glagolska imenica *repliciranje* nije pronađena u dostupnim rječnicima hrvatskoga jezika, uključivo CD-inačicu Velikoga Anića.⁵⁷ Većina tumačenja riječi replicirati odnosi se na pravno nazivlje (npr. odgovor tužitelja tuženomu itd.).⁵⁸ Za englesku riječ *replica* navedeni su prijevodi replika i kopija, Klaić pridodaje odljevak, faksimil i duplikat.⁵⁹ Kopija je navedena, uz ponavljanje, i za *replication*. Čini se da bi za *replication* primjereniji prijevod bila glagolska imenica koja označuje radnju, repliciranje. Plodonošnim se čini prijevod uz englesku riječ *replicate* (replicirati) gdje je navedeno: *biol.* razmnožavati se repliciranjem, dakle razmnožavati se kopiranjem (može se pridodati preslikavanjem).⁵⁸ Za ostvaraj repliciranja moguć je naziv repliciranost, poput adaptiranost ili iskorištenost.⁶⁰ U Velikom Aniću⁵⁷ postoji još jedno tumačenje riječi replika koje je moguće povezati s duhovnim fraktalnim tvorbama: likovno nova primjena istog motiva, umjetničko djelo koje je nastalo kao odraz drugog djela istog autora; replikacija.

Zahvala / Acknowledgement

Rad je dio istraživanja kojeg financira Ministarstvo znanosti i tehnologije Republike Hrvatske u okviru projekta Usavršeni postupci proizvodnje polimernih tvorevina. Ministarstvu se zahvaljuje na novčanoj potpori projektu. Valja se najprije zahvaliti recenzentima na vrlo poticajnim primjedbama. Zahvaljujem se dr. sc. Marijeti Kralj na tumačenju kako smisleno u hrvatskom upotrijebiti engleske riječi: self-replication, self-assembling i self-organisation. Hvala pripada i prof. dr. sc. K. Paveliću s kojim sam započeo raspravu o toj temi. Dr. sc. Branki Tafri zahvaljujem na pomoći pri razrješenju nekih jezičnih dvojbi. Konačno zahvaljujem se mr. sc. Gordani Barić i mr. sc. Maji Rujnić-Sokele na pomoći pri izradbi konačne inačice ovog rada.

LITERATURA / REFERENCES

- Spengler, O.: *Čovjek i tehnika*, Laus, Split, 1991, 10.
- Deege, M.: *Fraktologija tehnike*, Filozofska istraživanja 18(1998)4, 963-973.
- Ropohl, G.: *Eine Systemtheorie der Technik*, C. Hanser Verlag, München, 1979, 31.
- Čatić, I.: *Nadolazi li doba velikih sinteza?*, Vjesnik, 3. veljače 2001.
- Čatić, I.: *Promišljanja uz "veliki prasak" ili prvo energijsko djelovanje*, Strojarsvo 43(2001)1-3, 73-75.
- Ropohl, G.: *Eine Systemtheorie der Technik*, C. Hanser Verlag, München, 1979, 175-179.
- Čatić, I.: *Inženjerski kadrovi za 21. stoljeće*, Strojarsvo 27(1985)5, 279-287.
- Čatić, I.: *Potpun poraz hrvatskoga intelektualnoga čelništva pred nadirućim globalizmom u jeziku*, Vjesnik 12. lipnja 2002.
- Čatić, I.: *Can we predict the future of materials technology?*, 4. ICIT, TECOS, Bled 9 and 10. April 2003, 265-268.
- Čatić, I., Marincel, D.: *Mold as a Batch Reactor*, 48th ANTEC, Dallas, May 7 to 11, 1990, 695-699.
- Čatić, I., Španiček, D.: *Kalup kao šaržni reaktor pri reakcijskom praoblkovanju polimernih tvorevina*, Polimeri 11(1990)8, 175-180.
- Čatić, I., Španiček, D.: *Das Werkzeug als Chargenreaktor bei der Herstellung von Polymererzeugnissen durch Reaktionsformen*, Plaste und Kautschuk 39(1992)10, 347-350.
- Čatić, I., Razi, N., Raos, P.: *Analiza injekcijskog prešanja polimera teorijom sustava*, Društvo plastičara i gumaraca, Zagreb, 1991, 55-58.
- Čatić, I.: *Povezanost konstrukcije i pravljenja – temeljno pitanje tehnike*, IX. međunarodni filozofski simpozij, Hrvatsko filozofsko društvo, predavanje, Cres, 19. 9. 2000.
- Čatić, I.: *Uvod u strojarstvo*, vlastita naklada, Zagreb, 2002, 3.
- Hawking, S.: *Svemir u orahovoj ljusci*, Izvori, 2002, 78.
- Gleick, J.: *Kaos - Rađanje nove znanosti*, Izvori, Zagreb, 1996.
- Rosandić, M.: *Fraktalna građa čovjeka*, Teorija kaosa, 8. dani Frane Petrića, predavanje, Cres, 1999.
- Wengenroth, U.: *Natur und Technik*, VDI-N, 52(1999)10, 18.
- Nachtigall, W.: *Gradevni materijal i lake konstrukcije u prirodi*, Polimeri 4(1983)9-10, 285-287.
- Nachtigall, W.: *Bionika - granično područje biologije i tehnike*, Polimeri 17(1996)3, 151-162.
- Barić, G., Čatić, I.: *Doprinos novih znanstvenih disciplina organizaciji i menadžmentu suvremenih poduzeća*, Informatologia 35(2002)2, 131-136.
- Novikov, V. U., Kozlov, G. V.: *Fractal Analysis of Macromolecules in Polymer Yearbook 18*, Editors: Zaikov, G. E., Pethrick R., RAPRA, 2003, 285-348.
- Kozlov, G. V., Zaikov, G. E.: *Levels of Fractality in Polymers in Polymer Yearbook 18*, Editors: Zaikov, G. E., Pethrick R., RAPRA, 2003, 379-386.
- Kozlov, G. V. Dolbin, I. V., Zaikov, G. E.: *Rapid Method of Estimating the Fractal Dimension of Macromolecular Coils of Biopolymers in Solution in Polymer Yearbook 18*, Editors: Zaikov, G. E., Pethrick R., RAPRA, 2003, 393-400.
- Alger, M.: *Polymer Science Dictionary*, Elsevier Applied Science, London 1989, 37.
- Čatić, I.: *Uvod u strojarstvo*, vlastita naklada, Zagreb, 2002, 5.
- The World Book Encyclopedia, vol. 19, World Book, Inc, Chicago, London, Sidney, Toronto, 1994, 1186-1190.
- Čatić, I.: *Uvod u strojarstvo*, vlastita naklada, Zagreb, 2002, 11.
- N. N.: *Čimpanza zna računati s pomoću kompjutera*, Vjesnik 1. kolovoza 1998.
- N. N.: *Majmunica zna govoriti*, Vjesnik, 19. siječnja 2003.
- N. N.: *Majmun mislima upravlja robotom*, Jutarnji list, 14. listopada 2003.
- Čatić, I.: *Uvod u strojarstvo*, vlastita naklada, Zagreb, 2002, 6-7.
- Semaw, S. et al.: *2.5-million-year-old stone tool from Gona*, Ethiopia, Nature 385(1997), 333-336.
- Raab, M.: *Materiály a človik*, Encyklopedický du Praha, Praha, 1999, 92.
- N. N.: *Nanotechnology*, LabPlus international 15(2001)2, 20-21.
- Mijović, B., Agić, A.: *Mikromehanika tekstilnih mikrokompozita*, Polimeri 23(2002), 140-145.
- Čatić, I., Rujnić-Sokele, M.: *Proizvodnja polimera i polimernih materijala*, pomoćna skripta, 2. izdanje, vlastita naklada, Zagreb, 2000.
- Bibber, D.: *Privatno priopćenje*, Nashville, svibanj 2003.
- Stubenrauch, J.: *Goldener Purpur-Nanoprodukt*, Chemische Rundschau, 11. Januar 2001.
- Gornik, E.: *Quantum-Elektronik*, VDI, 53(2000), 32, 10.
- Privatno priopćenje* suradnica Institut für Technik und Umgebung, Leoben, 2001.
- Khundkar, L. R., Zewail, A. H.: *Picosecond Photofragment Spectroscopy, IV. Dynamics of Consecutive Bond Breakage in the Reaction C2F4I2 (C2F4+2I)*, J. Chem. Phys. 92, 231 (1990).
- N. N.: *Plastverarbeiter*, 52(2001)5, 83.
- Pichler, G.: *Atolaser*, Trenutak spoznaje, ožujak 2003.
- Pavičić, M.: *Teleportacija je moguća*, oglasna ploča Građevinskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, 2002.
- Čatić, I., Razi, N., Raos, P.: *Analiza injekcijskog prešanja polimera teorijom sustava*, Društvo plastičara i gumaraca, Zagreb, 1991, 39.
- Čatić, I.: *Uvod u strojarstvo*, vlastita naklada, Zagreb, 2002, 28.
- Dolezalek, C. M.: *Die Technischen Grundlagen der Automatisierung unter besonderer Berücksichtigung der Fertigungstechnik*, CIRP Annalen, 11(1962/63), 15-24.
- Put, J.: *Future development of macromolecules materials*, Macromolecules for 21st century, Austrian Chemical Society, lectures, Vienna, 7 to 9 October 2002.
- Čatić, I.: *Quo Vadis Spritzgießen?*, GAK 55(2002)6, 382-389.
- Čatić, I., Barić, G., Rujnić-Sokele, M.: *Quo vadis injection molding?*, ANTEC 2003, Society of Plastics Engineers, Nashville, 4. – 7. May, 2003, 3519-3522.
- Čatić, I. (glavni istraživač): *Injekcijsko prešanje polimera*, Tehnologijski projekt za MZT, u radu.
- Käufer, H.: *Arbeiten mit Kunststoffen*, 2. Auf. Bd. 2, Springer Verlag, Berlin, 1981, 265.
- Kralj, M.: *Privatno priopćenje*, studeni 2003.
- Malešević, N.: *Stručno nazivlje*, Standardizacija (1954)7.
- Veliki Anić, Novi Liber, Zagreb, 2003. CD-inačica i str. 1238.
- Bujas, Ž.: *Veliki englesko-hrvatski rječnik*, Nakladni zavod Globus, Zagreb, 1999, 745.
- Klaić, B.: *Rječnik stranih riječi*, Nakladni zavod Matice hrvatske, Zagreb, 1987, 1154.
- Tafra, B.: *Privatno priopćenje*, prosinac 2003.

DOPISIVANJE / CORRESPONDENCE

Prof. dr. sc. Igor Čatić
Sveučilište u Zagrebu, Fakultet strojarstva i brodogradnje
Ivana Lučića 5, HR-10000 Zagreb, Hrvatska / Croatia
Tel.: +385-1-61-68-191, Fax: +385-1-61-56-940
E-mail: igor.catic@fsb.hr